

(11) **EP 0 780 858 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
25.06.1997 Bulletin 1997/26

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: H01H 1/00, H01H 51/22

(21) Numéro de dépôt: 96402827.8

(22) Date de dépôt: 19.12.1996

(84) Etats contractants désignés:  
CH DE FR GB IT LI

(72) Inventeur: Vuilleumier, Raymond  
2052 Fontainemelon (CH)

(30) Priorité: 22.12.1995 FR 9515371

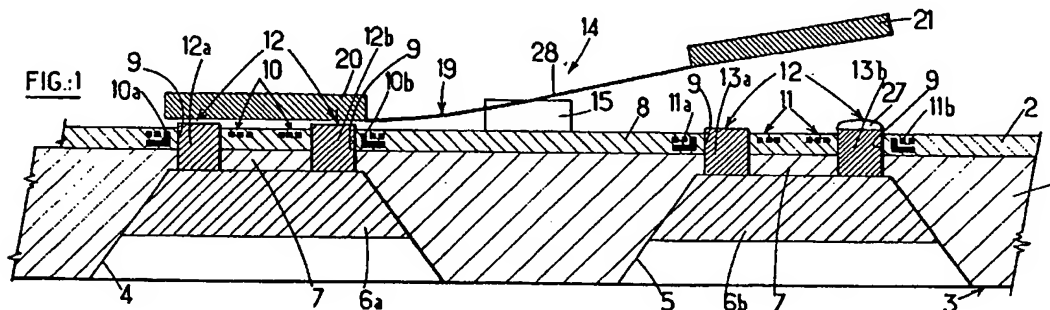
(74) Mandataire: Caron, Gérard et al  
CABINET DE BOISSE,  
L.A. DE BOISSE - J.P. COLAS,  
37 avenue Franklin D. Roosevelt  
75008 Paris (FR)

(71) Demandeur: C.S.E.M. CENTRE SUISSE  
D'ELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE  
SA  
2007 Neuchâtel (CH)

(54) **Dipositif miniature pour exécuter une fonction prédéterminée, notamment microrelais**

(57) Ce relais miniature est obtenu par micro-usinage sur un substrat à l'aide de techniques de galvanoplastie, de photolithographie et/ou analogues, tous ses composants étant obtenus sur le substrat par des opérations d'intégration analogues à celles utilisées pour la fabrication des circuits intégrés. Un contact mobile (26) est porté par un levier élastique (19) attaché en porte-à-faux au substrat (1). Le levier (19) forme bascule et est attaché au substrat (1) par l'intermédiaire d'une liaison déformable. A chacune de ses extrémités libres

est prévue une armature (20, 21) d'un circuit magnétique qui définit un siège contre lequel l'armature peut être appliquée avec une force magnétique opposée à celle engendrée par la déformation élastique du levier (19). Chaque circuit magnétique est en outre pourvu d'au moins une bobine (10a, 10b, 11a, 11b) excitable sélectivement et capable d'engendrer une seconde force magnétique opposée à celle du circuit magnétique pour, lorsque l'armature est appliquée sur son siège, libérer celle associée à cette bobine et appliquer l'autre armature sur son siège par basculement du levier (19).



**BEST AVAILABLE COPY**

EP 0 780 858 A1

## Description

La présente invention est relative à des dispositifs miniaturisés destinés à assurer une fonction prédéterminée et obtenus par des techniques utilisées habituellement pour la fabrication des circuits intégrés. De tels dispositifs peuvent notamment être utilisés dans le domaine des microrelais.

Depuis longtemps, on sait fabriquer des relais miniaturisés composés de pièces détachées distinctes telles que le circuit magnétique, la bobine d'excitation, les contacts, les ressorts et éventuellement l'aimant permanent. Ces pièces sont assemblées à l'aide de robots performants ce qui permet au fabricant de fournir un relais dont le coût est très faible.

Cependant, avec le développement toujours croissant de l'utilisation des circuits intégrés, le besoin s'est fait sentir de réduire encore davantage les dimensions de ces relais électromagnétiques afin de leur donner une taille analogue à celle de ces circuits et ainsi de les associer directement à leur circuit de commande intégré. Or, les techniques classiques de fabrication mentionnées ci-dessus s'opposent à une telle miniaturisation poussée.

Diverses propositions ont donc été faites pour atteindre un tel objectif. Par exemple, dans un article paru dans le "Journal of Microelectromechanical Systems", Vol. 2, N°1, Mars 1993, Chong H. Ahn et Mark G. Allen décrivent un relais miniaturisé micro-usiné comportant un substrat dans lequel sont intégrés un circuit magnétique, des bobines "enroulées" sur ce circuit magnétique, un contact fixe et un contact mobile. Ce dernier est prévu à l'extrémité libre d'un levier déformable élastiquement de manière à pouvoir appliquer le contact mobile sur le contact fixe par excitation de la bobine. L'"enroulement" de celle-ci est réalisée par des chemins de conduction s'étendant sur plusieurs niveaux d'intégration.

Une autre proposition semblable a été faite par B. Rogge et al. dans un article paru dans "Transducers '95-Euro-sensors IX", pages 320 à 323.

D'une façon générale, les microrelais doivent satisfaire un certain nombre de critères mécaniques et électriques pour pouvoir être utilisés en pratique par exemple dans les télécommunications et dans bien d'autres domaines. Le tableau 1 suivant énonce et situe quelques valeurs devant être respectées par les fabricants de relais pour que leur produit puisse passer par exemple les normes imposées pour les équipements de test automatique (ATE-SECURITY) et dans les télécommunications.

TABLEAU 1

Caractéristiques	ATE	TELECOM
Isolation entre bobines et contacts (kV)	0,5 à 1,5	1,5 à 2,5
Isolation entre contacts (kV)	0,5 à 1,5	1,0 à 1,5
Distance entre contacts ( $\mu\text{m}$ )	40 à 210	210 à 440
Force de contact (g)	$\leq 4,5$	$\geq 4,5$
Résistance de contact ( $\Omega$ )	10 à 0,1	0,02 à 0,05
	10mA à 1A	1A
Puissance de commande (W)	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$
Nombre de cycles	$10^7$ à $10^6$	$10^6$
Temps de commutation (ms)	$\leq 2$	$\leq 2$

On constate que ces contraintes sont extrêmement sévères et semblent a priori tomber en dehors des ordres de grandeur compatibles avec les dimensions habituelles des circuits intégrés.

Parmi ces contraintes, celles concernant l'isolation entre contacts et la force de contact sont particulièrement difficiles à satisfaire.

D'une part, la valeur exigée de l'isolation requiert une distance entre contacts importante et d'autre part, la force de contact nécessite la création dans l'entrefer entre armature et circuit magnétique d'une très forte induction magnétique  $B_0$ , comme on peut le constater d'après le tableau 2 ci-dessous:

TABLEAU 2

$B_0$ (T)	0,2	0,3	0,4	0,5
$p_0$ (g/mm <sup>2</sup> )	1,6	3,6	6,4	9,9
$Ni/d_0$ (A-tours/ $\mu\text{m}$ )	0,16	0,24	0,32	0,40

Dans ce tableau,  $p_0$  est la force engendrée par unité de surface de l'entrefer.

Ce tableau montre que le nombre d'ampère-tours  $Ni$  de la bobine de commande doit être très élevé pour un entrefer  $d_0$  de 10 micromètres seulement et que des centaines, voire des milliers de tours sont nécessaires, si on veut limiter

la puissance de commande à une valeur inférieure à 100 mW et que la bobine puisse être maintenue excitée pendant de longues périodes. Une telle contrainte n'entre actuellement pas dans les possibilités technologiques disponibles en microtechnique.

L'invention a pour but de fournir un dispositif miniaturisé fabriqué par micro-usinage qui soit compatible à la fois avec les exigences ci-dessus et avec son association à un circuit de commande intégré en toute proximité.

L'invention a donc pour objet un dispositif miniature pour la réalisation d'une fonction prédéterminée, ce dispositif étant obtenu par micro-usinage sur un substrat à l'aide de techniques de galvanoplastie, de photolithographie et/ou analogues, notamment pour la réalisation de microrelais miniatures, et comprenant des moyens formant circuit magnétique, au moins une bobine d'excitation et des moyens pour assurer l'exécution de ladite fonction sous l'action dudit circuit magnétique, tous ces éléments étant obtenus sur ledit substrat par des opérations d'intégration analogues à celles utilisées pour la fabrication des circuits intégrés, lesdits moyens pour assurer l'exécution de ladite fonction étant portés au moins partiellement par un levier déformable élastiquement et attaché en porte-à-faux audit substrat, caractérisé en ce que ledit levier forme bascule et est attaché à peu près en son milieu au substrat par l'intermédiaire d'une liaison déformable et en ce qu'à chaque extrémité libre dudit levier est prévue une armature magnétique faisant partie desdits moyens formant circuit magnétique, ce dernier définissant un siège contre lequel ladite armature peut être appliquée avec une première force magnétique engendrée par ledit circuit magnétique et opposée à celle engendrée par la déformation élastique dudit levier, la bobine, associée à chaque circuit magnétique étant excitable sélectivement et capable d'engendrer une seconde force magnétique opposée à celle du circuit magnétique pour, lorsque l'armature associée à cette bobine est appliquée sur son siège, libérer cette armature et appliquer l'autre armature sur son siège par basculement dudit levier.

Grâce à ces caractéristiques, et plus particulièrement lorsque ce dispositif est utilisé dans son application à un microrelais, celui-ci peut satisfaire les conditions sévères de fonctionnement énoncées ci-dessus, tout en pouvant être fabriqué par la technologie des circuits intégrés.

Ainsi, suivant une application particulièrement avantageuse de l'invention, le dispositif forme un microrelais comprenant au moins un contact fixe prévu sur ledit substrat et au moins un contact mobile porté par ledit levier formant bascule, ce contact mobile étant destiné à s'appliquer sur ledit contact fixe lorsque ladite armature est appliquée sur son siège.

Ainsi, par sa propre élasticité, le levier peut maintenir le contact mobile suffisamment éloigné du contact fixe en cas d'ouverture de ces contacts pour assurer l'isolation nécessaire. Par ailleurs, le flux magnétique permanent applique le contact mobile sur le contact fixe en cas de fermeture de ces contacts avec une pression suffisante pour assurer une résistance de contact correspondant aux exigences d'utilisation. De ce fait, les bobines n'ont à rester excitées en permanence dans aucune des positions stables du dispositif.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels:

- la figure 1 est une vue partielle en coupe d'un substrat dans lequel est usiné un dispositif selon l'invention dans son application à un microrelais;
- la figure 2 est une vue en plan du microrelais;
- la figure 3 est une vue en coupe transversale et à une échelle légèrement plus grande du microrelais prise selon la ligne III-III de la figure 2 et montrant notamment un double jeu de contacts;
- les figures 4 et 5 sont des diagrammes illustrant le comportement magnétique du microrelais;
- la figure 6 est un schéma illustrant le comportement mécanique du microrelais selon l'invention.
- la figure 7 est une vue en coupe d'un microrelais selon un autre mode de réalisation de l'invention;
- la figure 8 est une vue en plan du microrelais de la figure 7;
- la figure 9 est une vue en coupe du microrelais des figures 7 et 8, prise selon la ligne IX-IX de la figure 8;
- la figure 10 est une vue en coupe d'un autre mode de réalisation de l'invention;
- la figure 11 est une vue en plan du microrelais de la figure 10;
- la figure 11 représente une vue en coupe verticale d'un microrelais conforme à l'invention et construit selon un autre mode de réalisation, et
- les figures 12 et 13 montrent un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention, en illustrant notamment une application particulière.

Les dispositifs selon l'invention que l'on va décrire sont fabriqués par une technique dite "above chip" ("au-dessus de la puce") par laquelle il est donc réalisé au-dessus d'un substrat 1 réalisé de préférence en silicium (figure 1 à 3).

La face 2 de ce substrat est appelée arbitrairement "face supérieure" dans la suite de la description. Par ailleurs, pour la clarté des figures, certaines dimensions ont été fortement exagérées.

On notera que les techniques de photogravure et de photolithographie utilisées pour usiner le microrelais sont connues de l'homme de métier qui saura mettre en oeuvre la succession d'étapes de procédé nécessaire pour cet

usinage.

Pour fixer les idées, la dimension longitudinale du dispositif peut être choisie entre 2 et 3 mm, environ.

La face inférieure 3 du substrat 1 présente deux cavités 4 et 5 qui, si le substrat est en silicium, peuvent être usinées par une attaque anisotropique. Ces cavités sont destinées à recevoir chacune un aimant permanent, 6a et 6b respectivement. Ces aimants 6a et 6b peuvent être des pastilles fixées dans les cavités respectives ou également être obtenues par dépôt de substances appropriées. Chacun d'entre eux présente un pôle Nord et un pôle Sud près de la surface supérieure 2. Dans le cas représenté, ces aimants s'étendent selon la dimension longitudinale du dispositif (c'est-à-dire dans le plan de la figure 1). Le fond de chaque cavité est formée par une couche 7 de matière du substrat 1 subsistant après la formation de la cavité.

La face supérieure 2 est recouverte d'une multi-couche d'isolant 8, par exemple en oxyde de silicium. Cette multi-couche 8 est composée de trois couches (non dessinées individuellement) qui isolent une configuration de bobines de sorte que chaque spire de cette configuration est isolée de ce qui l'entoure. Au centre des ces bobines, des ouvertures 9 sont ménagées dans le substrat 1 à partir de la face 2 et elles se prolongent dans la multi-couche d'isolant 8.

Plus précisément, la configuration de bobines comporte deux jeux 10 et 11 de deux bobines plates 10a, 10b, 11a, 11b réalisées par des dépôts métalliques, en aluminium par exemple, de forme appropriée et noyées dans la couche d'isolant 8. Les figures 1 à 3 montrent leur emplacement par des traits gras. Dans le mode de réalisation représenté, chaque bobine a en plan une forme générale rectangulaire.

Des jeux 12 et 13 de pièces polaires 12a, 12b et 13a, 13b sont constitués de dépôts de FeNi de forme rectangulaires qui remplissent les ouvertures 9 et qui dépassent légèrement la multi-couche d'isolant 8. Chaque pièce polaire est entourée de sa bobine correspondante.

On voit sur les figures 1 et 2 que les ensembles formés par un aimant, un jeu de bobines et un jeu de pièces polaires sont écartés l'un de l'autre d'une certaine distance selon la dimension longitudinale du dispositif. Ces ensembles sont disposés symétriquement par rapport à un plan perpendiculaire à cette dimension longitudinale, à l'égard d'un dispositif de support 14 formé de deux mésas 15 et 16. Sur les côtés qui se font face, ces mésas sont pourvus de bras de torsion respectifs 17, 18 formant des liaisons déformables avec un double levier 19 qui s'étend sur pratiquement toute la longueur du dispositif. Il est fait d'une matière déformable élastiquement, du FeNi ou de l'oxyde de silicium pouvant convenir à cet effet, et il présente une forme générale rectangulaire.

Des pièces de fermeture de flux ou armatures 20 et 21 sont respectivement prévues aux extrémités libres de ce levier 19. Elles sont réalisées de préférence en FeNi et ont une dimension telle qu'elles puissent recouvrir le jeu de pièces polaires correspondant lorsqu'elles sont appliquées sur celles-ci.

La figure 3 montre une vue en coupe transversale de l'une des extrémités du levier 19 et fait apparaître notamment la construction des moyens destinés à exécuter la fonction pour laquelle le dispositif selon l'invention est conçu. Dans le cas décrit présentement, ces moyens comprennent des dispositifs de contact électrique, si bien qu'il s'agit ici d'un microrelais. Deux doubles contacts 22 et 23 sont ainsi prévus respectivement à chacune des extrémités du levier 19, ce qui électriquement peut faire un contacteur inverseur de ce microrelais.

Pour en revenir à la figure 3, le mode de réalisation préféré du microrelais prévoit deux doubles contacts fixes 22 et 23, la figure 3 montrant le double contact 22, le contact 23 étant exactement identique. Le levier 19 porte les contacts mobiles de l'inverseur ainsi constitué.

A l'extrémité du levier 19, chaque armature 20, 21 comprend des extensions latérales 24 et 25 élastiquement déformables qui en sont venues de formage. Des pavés 26 en un métal bon conducteur de l'électricité tel que de l'or sont prévus à l'extrémité de chacune de ces extensions, et destinés à coopérer respectivement avec des contacts fixes 27 déposés de part et d'autre de l'une des pièces polaires, 12a, 13b en l'occurrence, afin de réduire au minimum la résistance de contact. Sur la figure 1 l'un de ses contacts fixes 27 est visible derrière la pièce polaire 13b.

Selon une variante, les extensions latérales 24 et 25 peuvent être réalisées en un matériau autre que celui de l'armature associée. On observera toutefois qu'une élasticité de ces extensions est primordiale afin que les pavés de contact 26 et les contacts 27 puissent être appliqués l'un sur l'autre sous contrainte mécanique et qu'une usure éventuelle puisse en être compensée. La déformation élastique de ces extensions emmagasine les forces appliquées sur les contacts sous forme d'énergies potentielles mécaniques qui engendrent des forces dynamiques opposées à celles appliquées sur les contacts lors de leur ouverture. Ces forces dynamiques sont utilisées pour vaincre les forces d'adhérence des contacts.

Les bobines 10a, 10b, 11a, 11b sont de préférence du type plat et peuvent comprendre quelques dizaines de spires chacune.

Les propriétés magnétiques des aimants 6a et 6b ont une importance déterminante pour le fonctionnement du microrelais selon l'invention. On va tout d'abord décrire un premier mode de fonctionnement qui implique l'utilisation d'aimants en un matériau "très dur" tel que le samarium-cobalt, le platine-cobalt, le ferrite-strontium et autres matériaux analogues. On entend par matériaux très durs ceux qui sont pré-aimantés à la fabrication et présentent des courbes linéaires, de pente voisine de  $\mu_0$  (voir la droite B(H) de la figure 4).

En utilisant les notations suivantes, on peut écrire les valeurs de la perméance  $\Lambda$  du circuit magnétique:

$A_a$  surface de l'aimant,  
 $l_a$  longueur de l'aimant,  
 $A_p$  surface d'une pièce polaire 12a, 12b, 13a ou 13b (FeNi),  
 $l_{p1}$  entrefer composé de la somme des intervalles entre les pièces polaires 12a et 12b, ou 13a et 13b et l'armature  
 20 ou 21, lorsque celle-ci est appliquée sur les contacts correspondants par l'intermédiaire des extensions élas-  
 tiques 24 et 25,  
 $l_{p0}$  le même entrefer lorsque l'armature est éloignée des pièces polaires après basculement du dispositif:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = -\mu_0 \frac{A_p}{l_{p1}} * \frac{l_a}{A_a} = -\Lambda_1 \frac{l_a}{A_a} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = -\mu_0 \frac{A_p}{l_{p0}} * \frac{l_a}{A_a} = -\Lambda_0 \frac{l_a}{A_a} \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_\sigma = -\Lambda_\sigma \frac{l_a}{A_a} \quad (3)$$

$\Lambda_1$ ,  $\Lambda_0$  et  $\Lambda_\sigma$  étant respectivement la perméance en l'état appliqué et non appliqué de l'armature et la perméance de fuite.  
 Dans ces conditions, lorsque l'armature est appliquée, la force d'application produite par les deux pôles de l'aimant sera:

$$F_1 = 2 * \frac{(B_1 - B_\sigma)^2}{2\mu_0} * A_p = \frac{(B_1 - B_\sigma)^2}{\mu_0} * A_p \quad (4)$$

et le point de travail sur la courbe (figure 4) sera  $P_1$ .

Par contre, lorsque l'armature est éloignée des pièces polaires, la force produite par les deux pôles sera:

$$F_0 = 2 * \frac{(B_0 - B_\sigma)^2}{2\mu_0} * A_p = \frac{(B_0 - B_\sigma)^2}{\mu_0} * A_p \quad (5)$$

Comme  $F_1 \gg F_0 + F_m$  où  $F_m$  est la somme des forces mécaniques (forces exercées sur le levier 19 par ses attaches et par la déformation élastique), l'armature qui était appliquée au moment considéré sur les pièces polaires le restera tant qu'une intervention sur les bobines correspondantes n'est pas effectuée.

Pour que le microrelais bascule, il faut envoyer un courant  $i$  dans les bobines du côté où l'armature est appliquée sur les pièces polaires. Ce courant produit un champ de désaimantation égal à  $Ni/l_a$  ( $N$  étant le nombre de spires des bobines considérées), ce qui déplace le point de travail de  $P_1$  en  $P_1'$ . Dans ces conditions, en  $P_1'$

$$F_1' < F_0 + F_m \quad (6)$$

ce qui fait basculer le levier 19 et le microrelais prend la position opposée.

Le champ de désaimantation doit cependant rester limité à une valeur telle que l'aimant ne sera pas désaimanté (En d'autres termes  $P_1'$  peut se déplacer sur la droite de désaimantation au-delà du point  $P_0$  sans aller trop loin).

Il faut observer cependant que les matériaux magnétiques très durs nécessitent un nombre d'ampère-tours  $Ni$  relativement élevé pour obtenir des excursions de l'induction  $B$  suffisantes et permettre d'engendrer les forces nécessaires sur les contacts.

On sait que les matériaux magnétiques moins durs désaimantent en présence d'un champ magnétique inverse en suivant des courbes d'induction  $B(H)$  non linéaires. Il est donc préférable de choisir ces matériaux pour obtenir des valeurs plus commodes de  $Ni$  au prix cependant d'une commande un peu plus compliquée des bobines 10a, 10b et 11a, 11b, car il faut alors que cette commande produise des impulsions d'aimantation et de désaimantation.

Les matériaux magnétiques durs et semi-durs sont en outre avantageux en raison du fait qu'ils se laissent mieux déposer par les procédés galvaniques actuellement connus. En outre, ils n'ont pas à être aimantés à la fabrication. Il

est à noter que parmi d'autres matériaux, le cobalt-tungstène, le cobalt-fer et le cobalt-nickel-phosphore conviennent bien pour cet usage.

Dans l'application envisagée pour la présente invention, on préfère des matériaux ayant des champs coercitifs assez faibles par exemple de l'ordre de 10 kA/m, soit approximativement 125 Oersteds. On peut ainsi les aimanter ou désaimanter en choisissant convenablement le sens du courant dans les bobines concernées du microrelais. Dans le contexte de l'invention, une valeur d'induction appropriée du champ d'aimantation peut être de 2 à 3 fois le champs coercitif.

La figure 5 représente la courbe d'aimantation/désaimantation utilisée dans ce cas de figure. Dans l'exemple représenté, on suppose qu'il n'y a pratiquement pas d'entrefer ce qui permet de réduire autant que possible les fuites. Ceci est technologiquement possible et l'influence des entrefers peut ainsi devenir négligeable ( $\text{tg}\alpha_0=0$ ).

On suppose également arbitrairement que l'armature 20 située du côté gauche sur les figures 1 et 2 a été appliquée préalablement sur les pièces polaires 12a et 12b correspondantes. Pour cela, il a fallu imposer un champ d'aimantation  $N_i/I_a$  à l'aimant 6a en envoyant un courant de sens correspondant dans les bobines 10a et 10b. Il peut s'agir d'une impulsion de courant d'une durée de quelques millisecondes. Il en résulte que le point de travail de cet aimant se trouve en  $P_1$  de la courbe de la figure 5.

La force d'application produite est alors celle définie dans l'équation (4) ci-dessus. Contrairement au cas de la figure 4, la force  $F_0$ , côté droit du dispositif, est inexistante, car l'aimant 6b n'est que faiblement aimanté. Par conséquent, comme  $F_1 \gg F_m$ , après l'aimantation du côté gauche, l'armature 20 de gauche reste appliquée sur ses pièces polaires 12a et 12b.

Pour faire basculer le dispositif, il convient alors d'envoyer un courant de désaimantation d'une amplitude et d'une durée prédéterminée dans les bobines de gauche 10a et 10b et d'envoyer simultanément un courant d'aimantation dans les bobines de droite 11a et 11b d'une amplitude double ou triple, mais de même durée que le courant de désaimantation.

Ceci a pour effet, à gauche:

- que le point de travail de l'aimant se déplace du point  $P_1$  de la courbe vers le point  $P_1'$  où  $F_1'=F_m$ ;
- que le ou les contacts de gauche s'ouvrent sous l'action simultanée de  $F_m$  et de la libération des énergies potentielles mécaniques emmagasinées dans les extensions latérales 24 et 25;
- que l'entrefer entre l'armature 20 et les pièces polaires 12a et 12b augmente considérablement, ce qui réduit fortement la pente de la droite de travail dans le diagramme de la figure 5 ( $\text{tg}\alpha_0$ );
- que le point  $P_1'$  se déplace vers le point  $P_0$ , puis, lorsque le nombre d'ampère-tours  $N_i=0$ , le point  $P_0$  se déplace vers le point  $P_0'$ ; et à droite:
- que le point  $P_0'$  se déplace vers le point  $P_\mu$ , puis, lorsque le nombre d'ampère-tours  $N_i=0$ , le point  $P_\mu$  se déplace vers le point  $P_1$ .

On observera sur la figure 1 que le levier 19 présente deux zones de forte épaisseur formant les armatures 20 et 21 et une lame de faible épaisseur 28 qui relie entre elles ces deux armatures. Les bras de torsion 17 et 18 sont attachés à cette lame 28 à peu près en son milieu.

L'épaisseur des armatures 20 et 21 est déterminée par le flux magnétique qui doit pouvoir les traverser. Comme représenté sur la figure 1, cette épaisseur est relativement importante par rapport à celle de la lame 28. Il en résulte que les armatures 20 et 21 sont relativement rigides.

Par ailleurs, on a déjà fait observer que lorsque les contacts sont ouverts, il faut respecter une certaine distance entre eux ( $> 100\mu\text{m}$ ) pour garantir l'isolation électrique requise. Les armatures étant quasiment rigides, il faut donc que la zone 28 soit flexible ce qui amène d'ailleurs un autre avantage, celui de créer une amplification de mouvement entre les bras de torsion 17 et 18 et les extrémités extérieures des armatures 20 et 21.

En se référant à la figure 6, on peut décrire théoriquement cette amplification de la façon suivante.

Pour déformer la lame 28, les bras de torsion 17 et 18 implantés à une hauteur  $h_s$  doivent soutenir une force  $P_a = 3EI_s/l$  avec  $I = (bh_s^3/12)$  qui est le moment d'inertie de la lame flexible,  $b$  et  $h$  en étant respectivement la largeur et l'épaisseur.  $E$  est le module d'élasticité de cette lame. On notera que  $P_a < F_{1p}$  qui est la force d'un seul pôle magnétique,  $F_{1p}=F_1/2$ .

Lorsque des contacts sont ouverts, leur distance  $h_c$  peut être déterminée par

$$h_c = h_s + \text{tg}\alpha_s(l + l_R) \quad \text{où} \quad \text{tg}\alpha_s = \frac{3}{2} \frac{h_s}{l} \quad \text{soit:}$$

$$h_c = \left( 5 + 3 \frac{l_R}{l} \right) \frac{h_s}{2} \quad (7)$$

5 Si à titre d'exemple on choisit  $l_R = l$ , alors  $h_c = 4h_s$ , ce qui est une valeur praticable pour respecter les exigences d'isolation.

Les figures 7 à 9 montrent un autre mode de réalisation d'un microrelais selon l'invention qui diffère de celui des figures 1 à 3 par l'agencement des contacts. En effet, ici chaque traverse 24 et 25 comporte à son extrémité libre un pont-support 29 qui y est fixé par l'intermédiaire d'une couche d'isolant 30. Le pont-support 29 est réalisé en FeNi, par exemple et porte deux pavés de contact 31, 32 destinés à coopérer avec deux contacts 33, resp. 34 ménagés dans la couche d'isolation 8 du substrat 1 dont ils dépassent sur une certaine distance.

Ainsi, ce mode de réalisation permet d'assurer la fermeture resp. l'ouverture de quatre circuits électriques à la fois qui seront isolés du double levier 19 par la présence des couches isolantes 30.

Les figures 10 et 11 montrent un autre mode de réalisation du microrelais selon l'invention dans lequel il est prévu un double levier 35 formé lui-même de deux lames 36 et 37 s'étendant parallèlement l'une à l'autre.

15 Ces lames sont portées par les deux mésas 15 et 16, par l'intermédiaire des bras de torsion 17 et 18. Elles sont solidaires l'une de l'autre au moyen de trois blocs de liaison 38, 39 et 40 prévus respectivement au niveau des bras de torsion 17 et 18 et aux deux extrémités des lames parallèles 36 et 37. Ces blocs sont réalisés par exemple en FeNi et ils sont isolés des lames par l'intermédiaire de couches d'isolant respectives 41, 42 et 43.

Par ailleurs, les lames portent à chaque extrémité une armature distincte 44 resp. 45 coopérant avec les pièces polaires respectives 12a, 12b, 13a et 13b. En outre, chaque lame porte deux traverses 46, 47 qui sont solidaires à leur tour de ponts-support 48 pour des pavés 49, 50 coopérant avec des contacts 51, 52 fixés dans la couche d'isolant 8. Les circuits que ces ensembles peuvent établir ou interrompre peuvent ainsi être galvaniquement séparés les uns des autres.

Les figures 12 et 13 montrent un autre mode de réalisation du microrelais selon l'invention.

25 Dans ce cas, un substrat 60 est recouvert d'une couche d'isolant 61 sur l'une de ses faces et présente une cavité 62 s'ouvrant sur l'autre face.

Ce microrelais comporte également deux mésas 63, 64 d'où s'étendent des bras de torsion 65 et 66 supportant une lame 67 en forme de double fourche, seulement l'une 67A de ses fourches étant représentée sur les dessins.

Un aimant 68 est disposé dans la cavité 62 et coopère avec deux pièces polaires 69 et 70 traversant des ouvertures 30 70 pratiquées dans le substrat 60 et la couche d'isolant 61. Chacune de ces pièces polaires est entourée d'une bobine 71 resp. 72 noyée dans la couche isolante 61.

Les extrémités libres des branches de la fourche 67A portent un pont-support 73 équipé de pavés de contact 74, 75 prévus à ses extrémités. Ces pavés coopèrent avec des contacts fixes 76, 77.

35 Le pont-support 73 est fait d'une pièce avec la lame en forme de fourche 67 et également avec trois pattes de connexion 78 qui s'étendent à partir du pont-support 73 vers l'intérieur entre les branches de la fourche 67A. Sur le plan mécanique, ces pattes de connexion prolongent ces branches de sorte que l'on peut considérer que, dans le présent mode de réalisation, la lame 67 est repliée sur elle-même, tout en remplissant exactement les mêmes fonctions que les lames décrites en liaison avec les précédents modes de réalisation. L'avantage principal de cette configuration repliée de la lame consiste en ce que le dispositif dans son ensemble prend moins de place sur le substrat que ceux décrits ci-dessus.

40 Les pattes de connexion sont attachées à une plaque d'armature 79 qui, en cas de fermeture du côté correspondant des contacts 76 et 77, vient s'appliquer sur les pièces polaires 69 et 70 par l'intermédiaire du pont-support 73. On remarquera que dans cette position de fermeture, les pattes de connexion 78 sont sous contrainte élastique en agissant dans le même sens que la fourche 67A, ce qui est clairement visible sur la figure 12. Par conséquent, les forces élastiques avec lesquelles la fourche 67A et les pattes 78 sont mises sous contrainte s'additionnent pour améliorer le fonctionnement de l'ensemble lorsque l'armature 79 est repoussée par le champ magnétique engendré pour l'ouverture des contacts.

La figure 12 illustre également que l'invention n'est pas limitée à son application à un microrelais.

50 En effet, dans un exemple d'application différent qui n'est pas donné à titre limitatif et qui pourrait être envisagé dans toutes les variantes décrites ci-dessus à la place des contacts fixes et les contacts mobiles ou conjointement à l'utilisation de ces contacts, on pourrait revêtir l'élément mobile du circuit magnétique d'une couche réfléchissante CR (dessiné en traits mixtes) capable d'intercepter un faisceau lumineux FL et de le renvoyer sélectivement vers une cible (non représentée) en fonction de la position du levier basculant. Bien entendu, le même élément mobile pourrait également simplement intercepter le faisceau sans le renvoyer, moyennant quoi, la couche réfléchissante ne serait pas 55 nécessaire.

Selon une autre variante de l'invention s'appliquant plus spécialement au microrelais, il peut n'être prévu qu'un seul double contact (voir figure 1), le relais n'étant alors qu'un simple interrupteur. Selon encore une autre variante, le ou les contacts électriques pourraient être simples sans doublure de part et d'autre du levier 19.

Toujours dans le cadre de l'application à un microrelais, il serait également possible de prévoir d'un côté ou de part et d'autre du levier 19, une paire de contacts isolés qui seraient alors pontés dans la position correspondante du relais.

Enfin, dans tous les modes de réalisation décrits ci-dessus, le substrat peut lui-même être réalisé en un matériau magnétique, les régions situées en-dessous des bobines étant alors localement aimantées en remplaçant les aimants permanents.

D'après la description qui précède, on voit donc que l'invention fournit dispositif pour la réalisation d'une fonction prédéterminée et notamment un microrelais dont les dimensions sont proches de celles des puces de circuit intégré courantes et qui permet en particulier de respecter les exigences sévères imposées aux relais utilisés actuellement dans les technologies avancées.

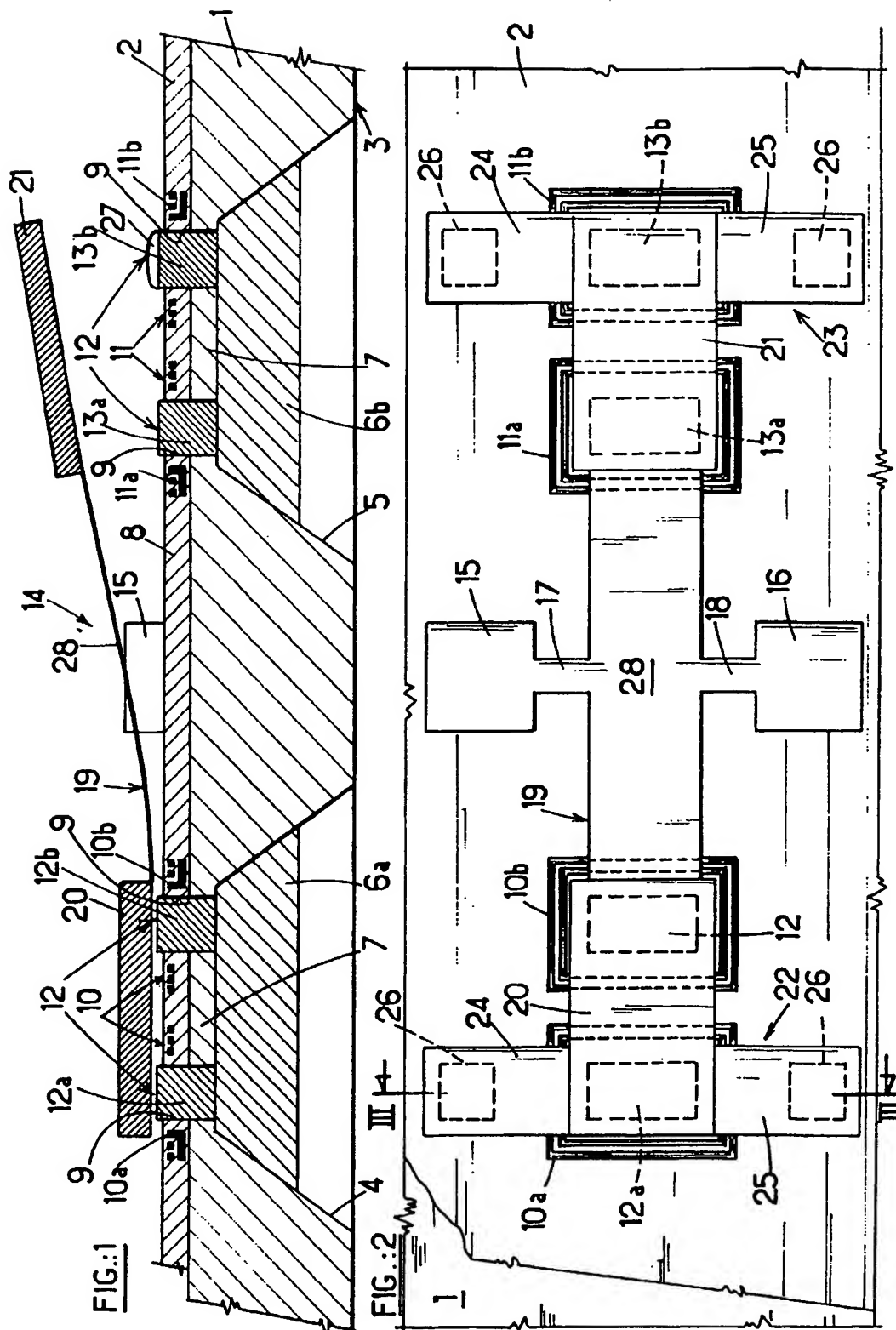
## Revendications

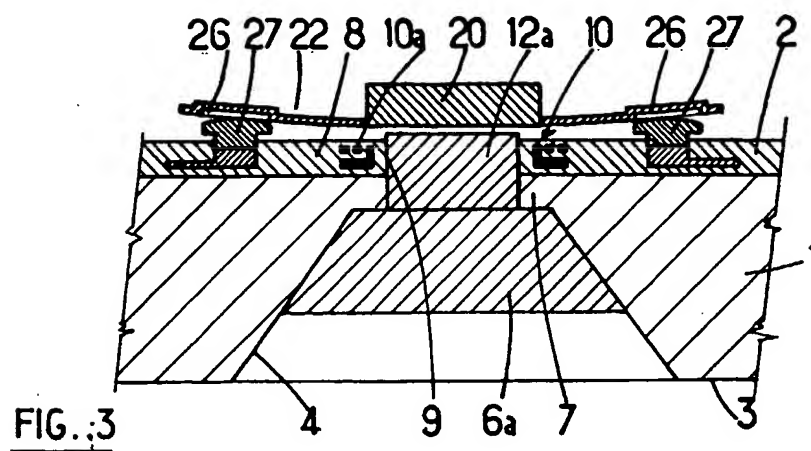
1. Dispositif miniature pour la réalisation d'une fonction prédéterminée, ce dispositif étant obtenu par micro-usinage sur un substrat (1) à l'aide de techniques de galvanoplastie, de photolithographie et/ou analogues, notamment pour la réalisation de microrelais miniatures, et comprenant des moyens (6a, 6b, 12a, 12b, 13a, 13b, 20, 21, 44, 45, 68, 69, 70, 79) formant circuit magnétique, au moins une bobine d'excitation (10a, 10b, 11a, 11b, 71, 72) et des moyens (25, 26, 27, 29, 31 à 34, 46 à 51, 74 à 77, CR) pour assurer l'exécution de ladite fonction sous l'action dudit circuit magnétique, tous ces éléments étant obtenus sur ledit substrat (1) par des opérations d'intégration analogues à celles utilisées pour la fabrication des circuits intégrés, lesdits moyens pour assurer l'exécution de ladite fonction étant portés au moins partiellement par un levier déformable élastiquement (19, 35, 67) et attaché en porte-à-faux audit substrat (1), caractérisé en ce que ledit levier (19, 35, 67) forme bascule et est attaché à peu près en son milieu au substrat (1) par l'intermédiaire d'une liaison déformable (17, 18, 65, 66) et en ce qu'à chaque extrémité libre dudit levier (19, 35, 67) est prévue une armature magnétique (20, 21, 44, 45, 79) faisant partie desdits moyens formant circuit magnétique (6a, 6b, 12a, 12b, 13a, 13b, 20, 21, 44, 45, 68, 69, 70, 79), ce dernier définissant un siège contre lequel ladite armature peut être appliquée avec une première force magnétique engendrée par ledit circuit magnétique et opposée à celle engendrée par la déformation élastique dudit levier (19, 35, 67), la bobine (10a, 10b, 11a, 11b, 71, 72) associée à chaque circuit magnétique étant excitable sélectivement et capable d'engendrer une seconde force magnétique opposée à celle du circuit magnétique pour, lorsque l'armature (20, 21, 44, 45, 79) associée à cette bobine est appliquée sur son siège, libérer cette armature et appliquer l'autre armature sur son siège par basculement dudit levier (19, 35, 67).
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il forme un microrelais et en ce que lesdits moyens pour exécuter ladite fonction comprennent au moins un contact fixe (27, 33, 34, 51, 52, 76, 77) prévu sur ledit substrat et au moins un contact mobile (26, 31, 32, 49, 50, 74, 75) porté par ledit levier formant bascule (19, 35, 67), ce contact mobile étant destiné à s'appliquer sur ledit contact fixe lorsque ladite armature (20, 21, 44, 45, 79) est appliquée sur son siège.
3. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que chaque circuit magnétique comprend un aimant permanent (6a, 6b, 68) en un matériau magnétique très dur.
4. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2 caractérisé en ce que chaque circuit magnétique comprend un aimant (6a, 6b, 68) en matériau magnétique dur ou semi-dur.
5. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que ledit aimant a la forme d'une pastille rapportée audit substrat.
6. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que ledit substrat est réalisé en un matériau magnétique et en ce que ledit aimant est formé par une région aimantée dudit substrat.
7. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que lesdites bobines (10a, 10b, 11a, 11b, 71, 72) sont agencées pour être en outre excitées en vue d'engendrer ladite première force magnétique.
8. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce qu'au moins un contact électrique mobile (26, 31, 32, 49, 50, 74, 75) est prévu à chacune des extrémités dudit levier (19, 35, 67).
9. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que chacun desdits contacts élec-



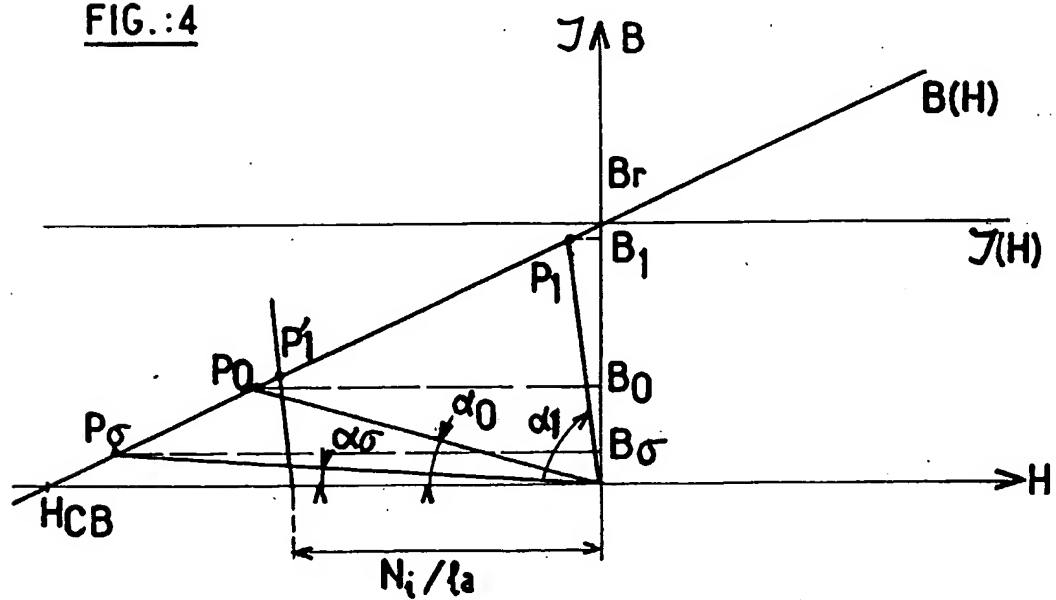
triques mobiles (26, 31, 32, 49, 50, 74, 75) est porté par un élément de liaison (24, 25, 46, 47, 73) solidaire dudit levier et s'étendant transversalement par rapport à celui-ci.

- 5 10. Dispositif suivant la revendication 9, caractérisé en ce que ledit élément de liaison (24, 25, 46, 47) est élastiquement déformable et mis sous contrainte élastique lorsque ledit contact mobile (26, 31, 32, 49, 50) est appliqué sur ledit contact fixe (27, 33, 34, 51) sous l'action de ladite première force.
- 10 11. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé en ce que ledit élément de liaison (24, 25) est isolé électriquement par rapport audit levier.
- 15 12. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce qu'au moins deux contacts mobiles (31, 32) sont prévus à au moins l'une des extrémités dudit levier (35) situés de part et d'autre de celui-ci, et en ce que le levier (35) est fait en deux parties allongées s'étendant parallèlement l'une à côté de l'autre et isolées électriquement l'une de l'autre.
- 20 13. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que ledit levier (35) est isolé électriquement dudit substrat.
- 25 14. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit levier (67) est replié sur lui-même de part et d'autre de son point d'attache audit substrat (1).
- 30 15. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit circuit magnétique comprend des pièces polaires (12a, 12b, 13a, 13b, 69, 70) formant le siège d'application de l'armature correspondante (20, 21, 44, 45, 79).
- 35 16. Dispositif suivant la revendication 15 caractérisé en ce que chacune desdites pièces polaires (12a, 12b, 13a, 13b, 69, 70) est entourée d'une bobine d'excitation (10a, 10b, 11a, 11b, 71, 72).
- 40 17. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit levier (19, 35, 67) est attaché audit substrat (1) par l'intermédiaire d'au moins un bras de torsion (17, 18, 65, 66).
- 45 18. Dispositif suivant la revendication 5, caractérisé en ce que ledit circuit magnétique comprend des pièces polaires (12a, 12b, 13a, 13b, 69, 70) formant le siège d'application de l'armature correspondante (20, 21, 44, 45, 79), en ce que chacune desdites pièces polaires (12a, 12b, 13a, 13b, 69, 70) est entourée d'une bobine d'excitation (10a, 10b, 11a, 11b, 71, 72) et en ce que ledit substrat (1) comporte à l'une de ses faces (3) des cavités (4, 62) destinées à loger lesdits aimants (6a, 6b, 68) et en ce que le restant de chaque circuit magnétique est disposé à la face opposée (2) dudit substrat (1).
- 50 19. Dispositif suivant la revendication 18, caractérisé en ce qu'à ladite face opposée (2) dudit substrat (1) est prévue une couche d'isolant (8) dans laquelle sont noyées lesdites bobines (10a, 10b, 11a, 11b, 71, 72) et lesdites pièces polaires (12a, 12b, 13a, 13b, 69).
- 55 20. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1, 5 à 7 et 14 à 18, caractérisé en ce que ladite fonction consiste à agir sur un faisceau de rayons lumineux (FL) et en ce que ledit circuit magnétique comprend une armature mobile (79) pouvant intercepter ledit faisceau pour l'interrompre et/ou le réfléchir en fonction de la position dudit levier (67).

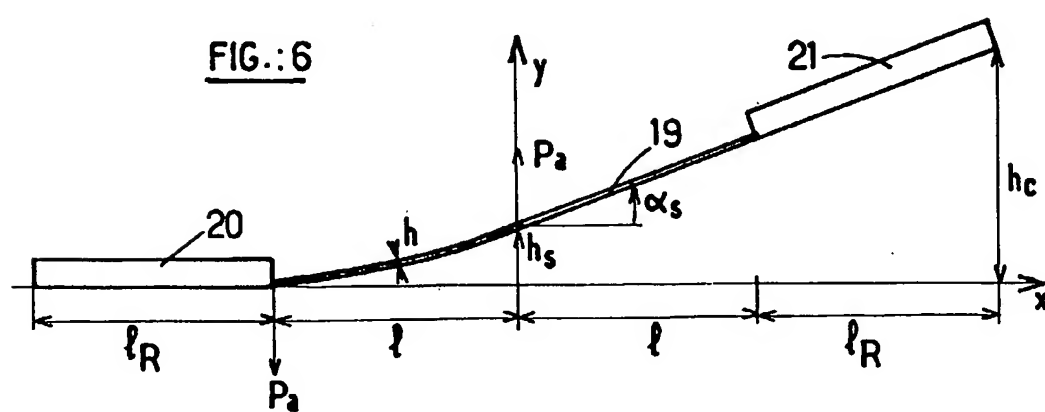
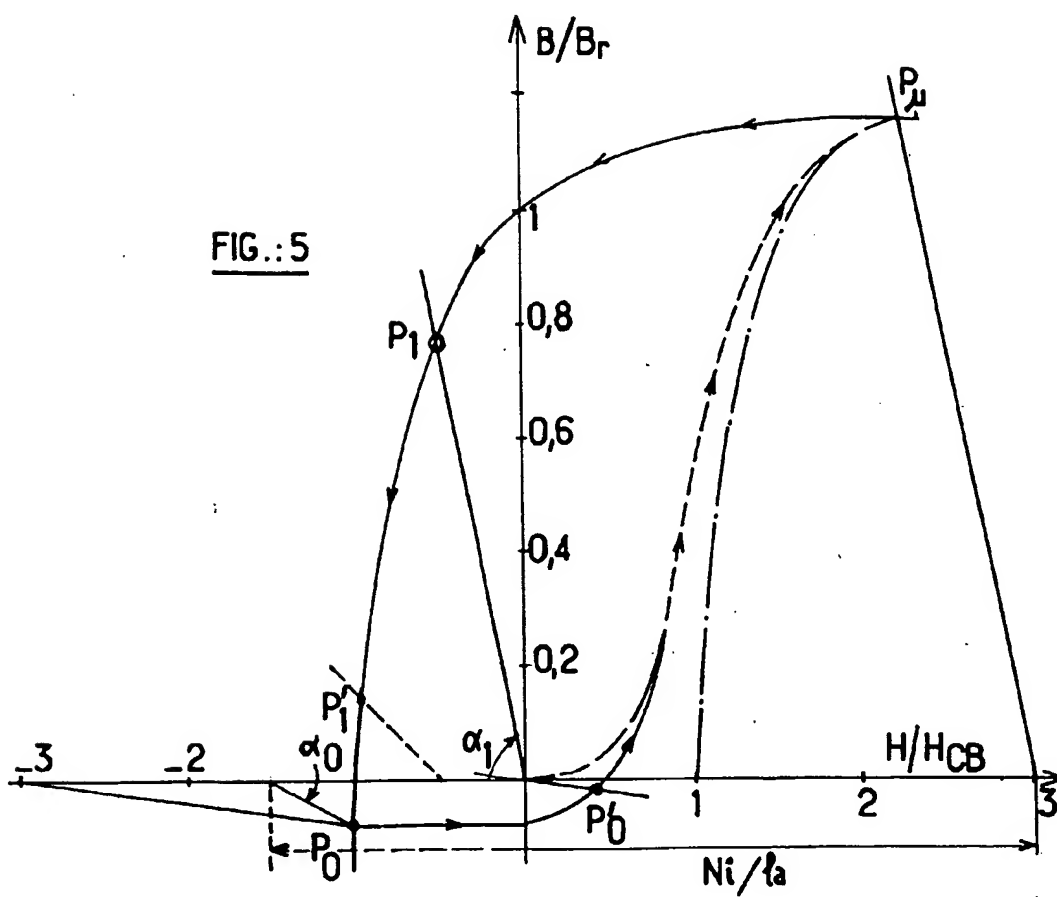




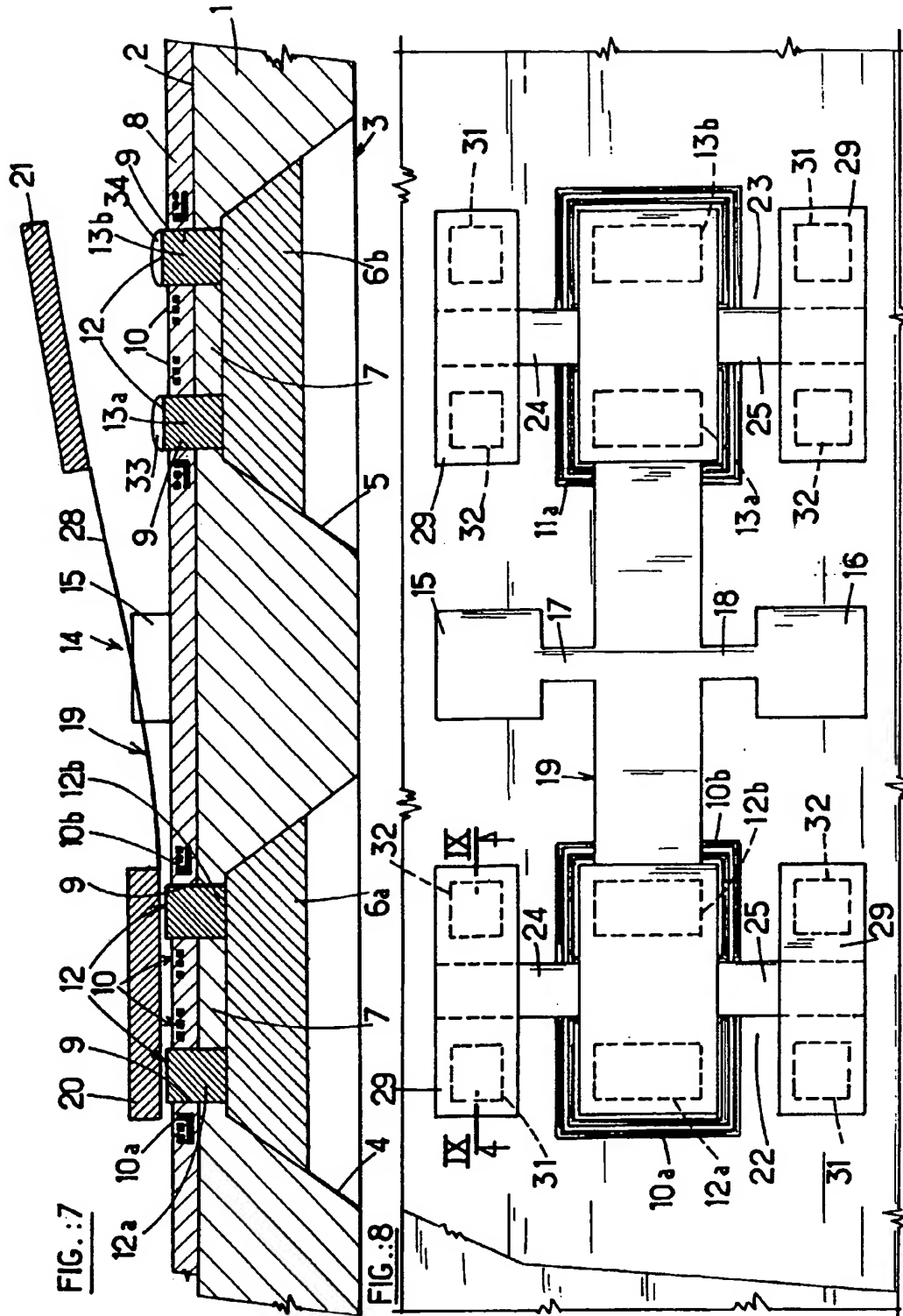
**FIG.:4**



**BEST AVAILABLE COPY**



BEST AVAILABLE COPY



**BEST AVAILABLE COPY**

**FIG.:9**

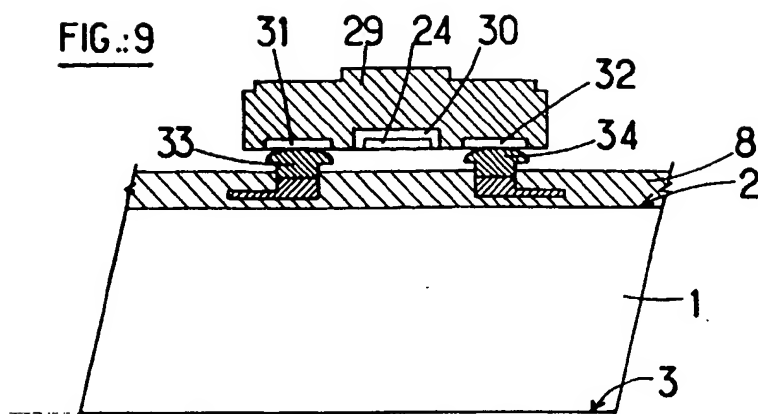
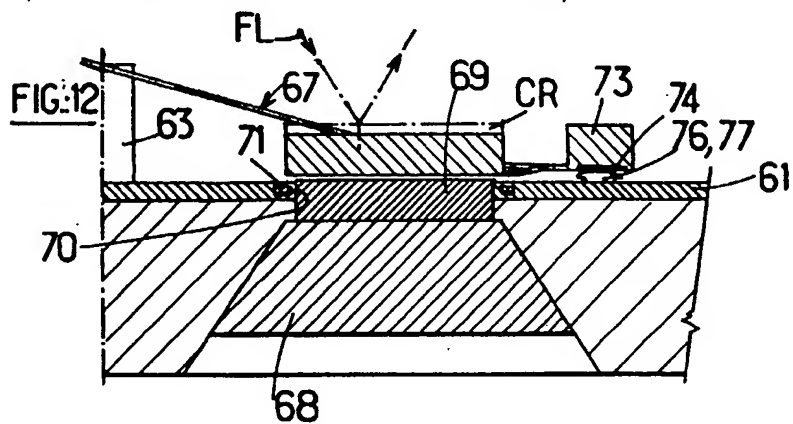
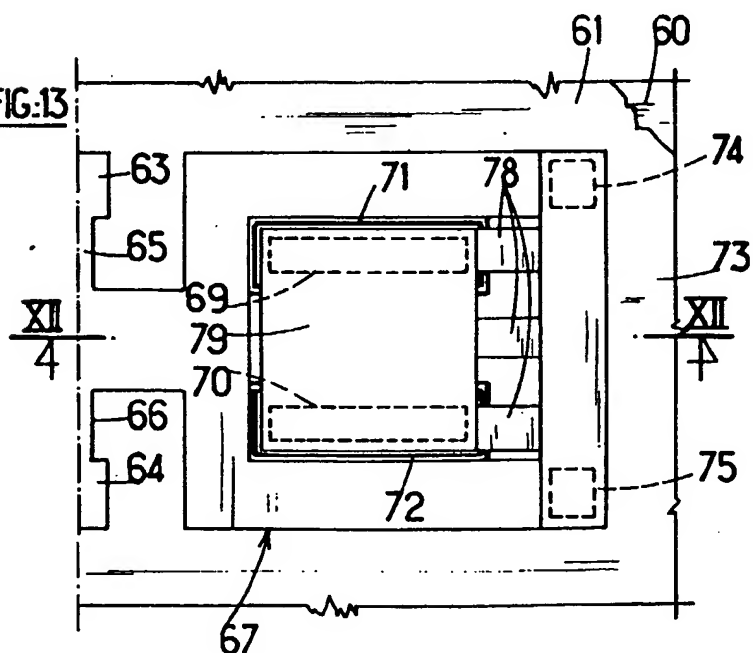


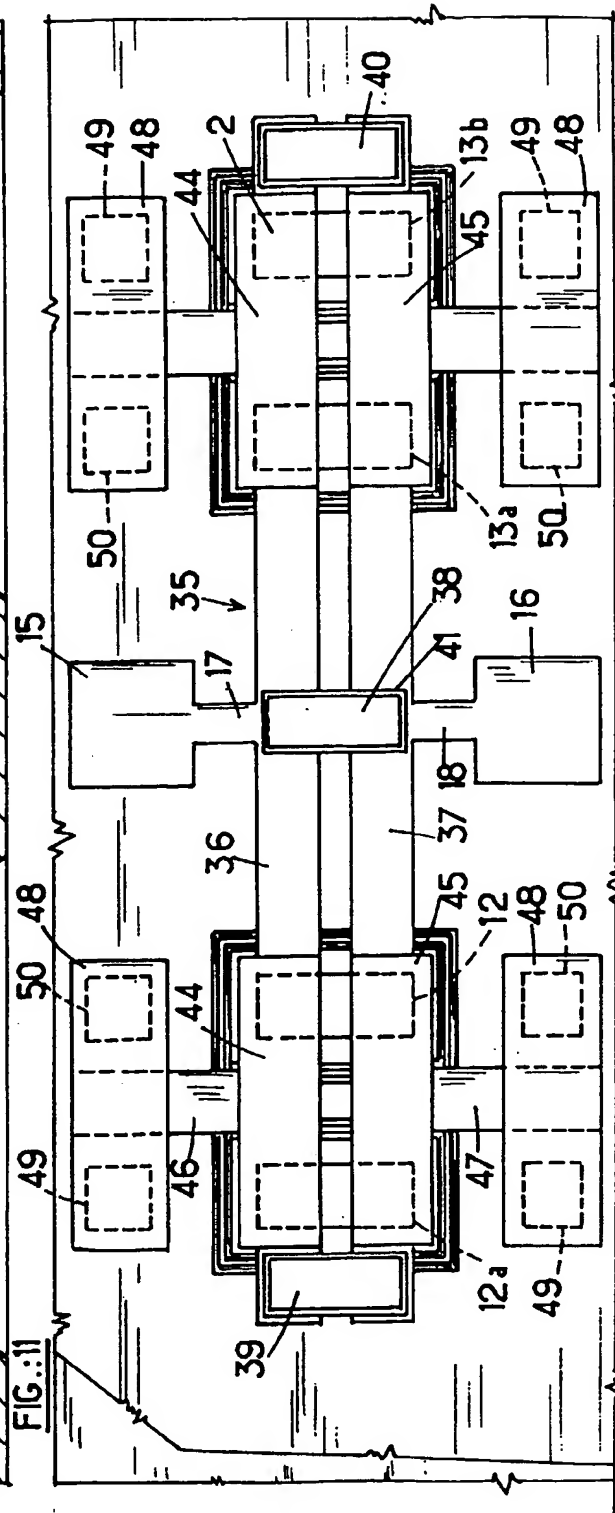
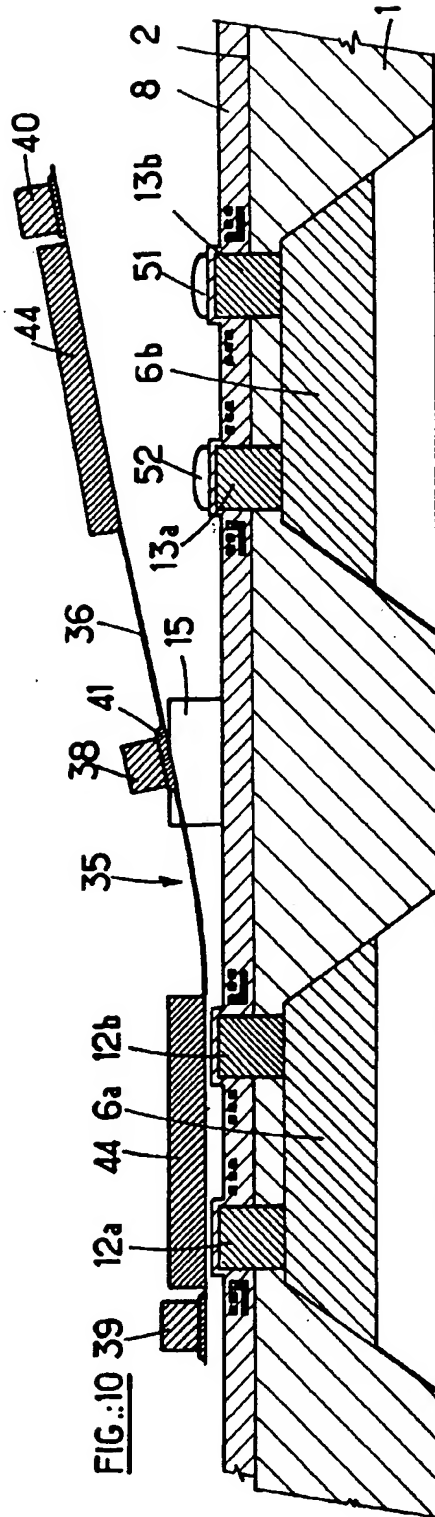
FIG. 12



**FIG:13**



**BEST AVAILABLE COPY**



BEST AVAILABLE COPY



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 96 40 2827

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	WO 95 17760 A (NIPPON SIGNAL CO LTD ; ESASHI MASAYOSHI (JP); ASADA NORIHIRO (JP)) 29 Juin 1995 * abrégé; figures 1-4 *	1	H01H1/00 H01H51/22
A	EP 0 573 267 A (SHARP KK) 8 Décembre 1993 * abrégé; figures 1A, 1B *	1	
A	DE 33 03 665 A (SIEMENS AG) 9 Août 1984 * page 11, alinéa 2 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			H01H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 4 Mars 1997	Examinateur Janssens De Vroom, P
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons Δ : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 150 (04.92) (P0402)